菌根菌應用技術對高屏地區芒果生育之研究

張耀聰 [1,2]

摘要

本研究目的在瞭解高屏地區愛文芒果，利用叢枝菌根菌接種進行草生栽培，其土壤肥力及植體營養變化情形。並藉由土壤採樣，瞭解叢枝菌根菌之族群密度與種類，及對芒果生育之影響。由試驗結果指出，愛文芒果在不同敷蓋情況下，在土壤肥力方面，草生栽培比起非草生栽培可有利於土壤有機質之提升。在植體營養方面，6種草種接種3種叢枝菌根菌，均可形成菌根結合，且有助於提高芒果葉片P之養分濃度。而在芒果果園土壤菌根菌相調查方面，草生栽培之菌根菌相，其種類與數量均較多於非草生栽培之田區。而具有叢枝菌根菌之草生栽培情況下，能促進芒果果長及果重生長。

關鍵詞：叢枝菌根菌、芒果、肥培管理、草生栽培

前言

芒果（檬果）(*Mangifera indica* L.)，屬於漆樹科(Anacardiaceae)芒果屬(*Mangifera*)是由英文 Mango 音譯而來。原產於印度，栽培至少四千年，為熱帶果樹。台灣於 1561 年（明朝嘉靖 40 年）荷蘭人引進。目前主要栽培品種以柴檨（土芒果或在來種）、金煌，及美國種愛文、海頓、凱特（43 年引進）等為主。台灣目前（103 年農糧署統計）栽培種植面積約 15,068 公頃，主要在台南（7,032 公頃）及高屏地區（7,090 公頃）即占全台約 93.7%，產量更高達 142,661 公噸，而高屏地區芒果產值可達新台幣約 44.71 億元。但在台灣耕地土壤中，農民普遍大量使用過磷酸鈣補充磷肥，但土壤中磷常會因土壤 pH 之變化與鐵、鋁及鈣等結合，形成無機態之難溶性鹽類，而無法有效供植物利用。叢枝菌根菌為微生物肥料菌種之一，作物與其接種共生形成菌根後，菌根根尖分泌之溶解酵素，則可對土壤中不易溶解之磷酸鈣、磷酸鐵及磷酸鋁進行解離，並促進植物吸收。但其應用最佳接種效果為育苗階段進行，在已定植之多年生果樹中進行接種，易產生事倍功半之效果。但如能利用草種接種菌根菌，以此載體進行草生栽培，如此應能增進作物接種機會，並使土壤有效性磷得以提升，亦能減少雨水逕流沖刷土壤。高屏地區芒果栽種多數定植於坡地酸性或強酸性土壤，而土壤 pH 低之情況

1.通訊作者

2.高雄區農業改良場助理研究員

下會造成土壤磷肥有效性降低，然而經研究指出，芒果屬於絕對菌根植物（吳與林，1998），顯示該植物對菌根之依存度相當高，因此藉由此研究將草本植物接種菌根菌導入芒果果園，藉由其根尖分泌之溶解酵素，提升溶磷肥有效性，將可提升磷肥效率，並可兼顧水土保持，因此，本研究於高屏地區芒果果園田間進行叢枝菌根菌接種草種，並定植於芒果根圈周圍，以瞭解其對土壤肥力變化情形及作物生育之影響，以利日後相關研究參考及田間應用推廣。

材料與方法

一、研究品種選擇

本研究芒果品種選擇為愛文芒果，高屏地區栽種面積約7,090公頃，佔全台約40％，為目前外銷之主要芒果品種。而試驗地點選擇高屏地區愛文芒果栽種最多的3個鄉鎮進行，芒果植株齡級為7年至20年生以上之愛文植株。

二、試驗地點

本研究選擇屏東縣枋寮鄉（總種植面積708公頃，年產量10612.85公噸）、枋山鄉（種植729公頃，年產量10259.71公噸）及獅子鄉（種植1026公頃，年產量15256.85公噸）愛文芒果田區進行調查，分別為在上述3個地區選擇，枋寮7年生、枋山20年生以上及獅子地區約15年生之愛文芒果園，共7個田區進行採樣試驗，由於此三鄉鎮之芒果為全台愛文芒果產季最早，並為高屏地區栽培面積最大之鄉鎮，因此選擇該地區之芒果果園進行試驗研究。試驗田座標如述：枋寮地區GPS：1. N 22d 21m 27.85s：E 120d 37m 12.97s(處理1：雷公根(*Centella asiatica*）草生），2. N 22d 21m 28.81s：E 120d 37m 13.65s（處理2：非草生）。枋山地區：3. N 22d 14m 56.81s：E 120d 39m 43.74s（處理3：高麗芝（*Zoysia tenuifolia*）草生），4. N 22d 14m 58.90s：E 120d 39m 41.84s（處理4：非草生）。獅子地區：5. N 22d 15m 59.84s：E 120d 40m 45.51s（處理5：草生），6. N 22d 15m 59.99s：120d 40m 45.52s（處理6：非草生）。共6個田區，均為生長管理良好之田區。

三、土壤及植體採樣分析與菌種分離鑑定

1.土壤採樣及分析：

上述6個田區於每季進行田間土壤採樣，並進行土壤肥力分析測定土壤pH、有機質、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、鈉及電導度等。

2.植體採樣分析：

每季於土壤採樣之同時，並進行植體採樣，植體採集位置為芒果中位葉，實為頂葉往下計算第7-8片葉子之成熟葉片位子稱為中位葉，每園區採樣20片葉子，必須為外觀可判斷無營養缺乏之葉片，並進行氮、磷、鉀、鈣、鎂、鐵、錳、銅、鋅、鈉及硼的養分測定。

3.叢枝菌根菌之分離鑑定與培養：

於上述6個果園土壤進行土樣採集之同時，將採集之表土土壤樣品，利用濕篩法將土壤中叢枝菌根菌孢子分離鑑定，並使用砂耕法加以繁殖培養。

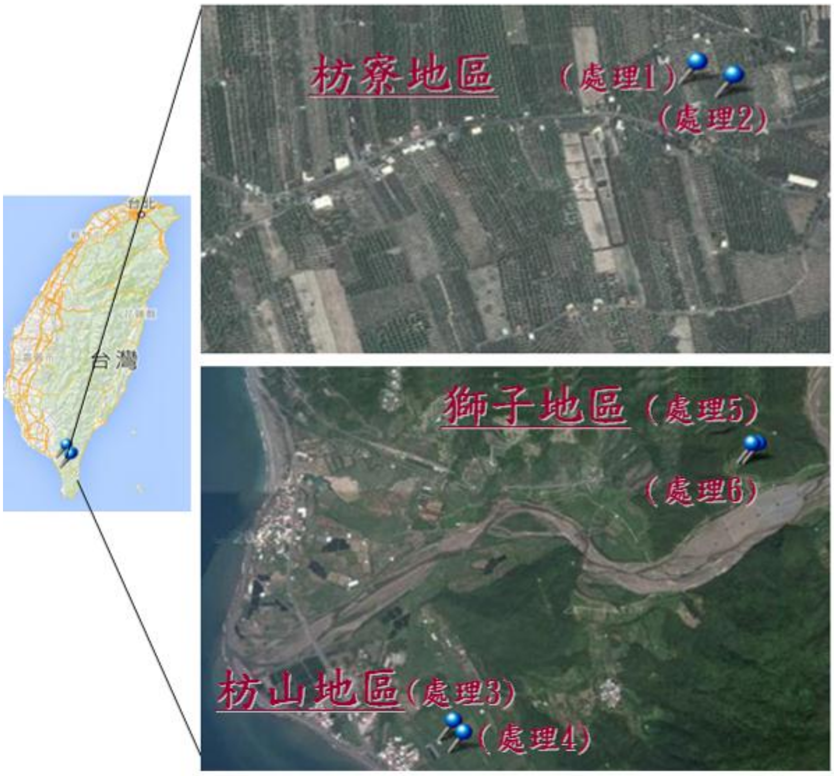


圖1、芒果田間試驗區相對位置圖

四、草種選擇及菌根菌繁殖培養與接種

1.草種選擇：

選擇原果園定植或高屏地區果園常見之草生栽培草種，進行繁殖接種，草種選擇共計6種，分別為雷公根、蔓花生（*Arachis pintoi*）、蝿翼草（*Desmodium triflorum*）、過江藤（*Phyla nodiflora*）、高麗芝及心葉水薄荷（*Clinopodium brownei*）等。將草種以扦插等方式培育，並進行原地區土壤固有並容易大量繁殖之菌種進行接種培育。

2.草種接種培養：

將上述地區原土壤分離之菌種，大量培養之*Claroideoglomus etunicatum* 、*Funneliformis mossea*及*Rhizophagus intraradices*菌根菌孢子，以孢子土接種方式，推估接種量（約100 sport/plant）進行上述草種接種，並確認接種共生後，定植於2年生芒果作物根圈周圍，藉以擴大根圈叢枝菌根菌族群數量，並藉此觀察芒果植體養分變化情形，以瞭解草生栽培接種菌根菌對植體營養之影響。

五、果實品質調查

調查比較不同月份間之果實長度、寬度、可溶性固形物（total soluble solids；^{o}Brix）（糖度）及單果重等。

結果與討論

一、愛文芒果每季土壤肥力變化情形

愛文芒果果園，枋寮及枋山地區每季土壤採樣，共 6 個樣點表、底土分析，採樣季節分為 7、10、1、4 月，其分析結果如表 1、表 2 及表 3 所示。

表 1.枋寮地區愛文芒果果園每季土壤肥力變化

處理		pH (1：1：w/v)	O.M %	P_1	K_{ex}	Ca_{ex}	Mg_{ex}	Fe_{ex}	Mn_{ex}	Cu_{ex}	Zn_{ex}	Na_{ex}	E.C (1:5;dS/m)
				-----------------mg kg^{-1}-------------------									
2014/July													
1	表土	5.55	3.06	187	87	1284	146	372	11	4.9	5.4	25	0.04
	底土	5.41	2.55	199	54	867	124	405	13	4.6	4.1	18	0.03
2	表土	4.34	2.52	122	71	292	85	833	2.7	3.0	2.1	37	0.09
	底土	4.37	2.21	164	77	227	68	486	3.1	2.6	1.9	23	0.08
2014/October													
1	表土	5.25	2.29	164	191	929	117	580	13	5.2	6	27	0.08
	底土	5.01	2.30	180	171	1059	97	533	12	4.4	5.6	19	0.06
2	表土	4.62	2.07	161	63	334	82	309	44	5.5	9.5	63	0.03
	底土	4.63	2.10	149	61	270	82	537	74	3.3	13	17	0.03
2015/January													
1	表土	6.97	2.29	157	115	1801	244	294	24	5.0	5.7	20	0.06
	底土	7.05	2.21	78	102	1470	242	294	16	4.3	3.8	19	0.04
2	表土	6.48	2.16	118	63	1128	185	447	18	5.5	3.9	18	0.04
	底土	6.54	2.13	75	60	1085	223	318	19	4.2	2.9	15	0.02
2015/April													
1	表土	4.21	2.47	232	131	668	122	725	8	5.3	3.6	20	0.18
	底土	4.73	2.51	138	127	881	108	673	15	6.3	4.6	19	0.12
2	表土	4.26	2.32	118	79	316	64	1211	4.1	4.3	3.6	17	0.04
	底土	4.28	2.27	135	74	285	68	907	5.4	3.8	3.2	13	0.03

O.M: organic matter; P_1=Bray No.1; K_{av}=available K; Ca_{ex}, Mg_{ex}, Fe_{ex}, Mn_{ex}, Cu_{ex}, Zn_{ex} and Na_{ex}=HCl extractable

由表 1 可看出，處理 1 及處理 2 在每季土壤有機質變化中，處理 1 為雷公根草生栽培，處理 2 為非草生（地被裸露）栽培之芒果園區，此 2 果園為相同土系，並依相同方式進行肥培管理，但不同地被處理方式，將影響其有機質含量之變化，在草生栽培區域（處理 1），雖以相同肥培管理方式進行，但可明顯看出其表、底土層，有機質含量明顯差異。

表 2.枋山地區愛文芒果果園每季土壤肥力變化

處理		pH (1：1：w/v)	O.M %	P_1	K_{ex}	Ca_{ex}	Mg_{ex}	Fe_{ex}	Mn_{ex}	Cu_{ex}	Zn_{ex}	Na_{ex}	E.C (1:5;dS/m)
				-----------------mg kg^{-1}-------------------									
2014/July													
3	表土	6.48	2.20	39	73	617	131	62	20	1.6	4.3	11	0.03
	底土	6.83	1.98	23	70	519	128	46	7.5	0.6	0.9	5.3	0.01
4	表土	6.89	2.11	59	71	1026	161	172	28	13	7.8	17	0.03
	底土	7.0	1.78	26	69	794	142	107	20	2.9	2.5	13	0.03
2014/October													
3	表土	6.35	1.92	150	68	724	98	477	54	2.6	11.0	9.4	0.02
	底土	6.64	1.72	226	72	918	89	371	87	3.7	13.0	85	0.02
4	表土	6.57	1.67	72	73	1175	167	327	152	3.3	1.8	17	0.02
	底土	6.85	1.65	48	67	920	154	564	215	1.5	3.4	41	0.02
2015/January													
3	表土	6.76	2.42	84	59	812	128	74	21	1.6	4.2	11	0.03
	底土	6.94	2.09	67	48	568	115	50	6.3	0.7	0.9	9.3	0.02
4	表土	6.07	1.81	36	90	1378	160	156	39	27	18	21	0.06
	底土	6.38	1.75	34	67	977	144	164	28	11	6.3	14	0.04
2015/April													
3	表土	6.28	1.89	112	63	613	115	99	25	2.0	3.2	12	0.03
	底土	6.51	1.94	58	57	619	115	104	26	1.8	3.3	11	0.03
4	表土	6.42	1.79	58	61	895	143	177	26	7.6	5.4	18	0.04
	底土	6.56	1.72	54	55	697	128	235	31	3.6	3.0	14	0.03

O.M: organic matter; P_1=Bray No.1; K_{av}=available K; Ca_{ex}, Mg_{ex}, Fe_{ex}, Mn_{ex}, Cu_{ex}, Zn_{ex} and Na_{ex}=HCl extractable

表 3.獅子地區愛文芒果果園每季土壤肥力變化

處理		pH	O.M	P_1	K_{ex}	Ca_{ex}	Mg_{ex}	Fe_{ex}	Mn_{ex}	Cu_{ex}	Zn_{ex}	Na_{ex}	E.C
		(1：1：w/v)	%	----------------mg kg^{-1}------------------									(1:5;dS/m)
2014/July													
5	表土	5.42	3.11	119	108	694	155	26	11	1.7	1.8	7.1	0.1
	底土	5.32	2.79	87	90	534	174	20	4.3	0.7	0.5	8.1	0.11
6	表土	6.22	2.72	69	138	816	160	38	15	1.8	2	8.1	0.03
	底土	6.13	2.51	31	139	846	179	52	17	1.8	2.2	9.4	0.03
2014/October													
5	表土	5.46	3.23	84	85	587	159	20	4.9	1.0	0.7	7.4	0.03
	底土	5.22	3.56	79	87	552	167	18	5.7	1.0	0.7	7.7	0.03
6	表土	5.67	2.17	47	128	1251	189	68	34	3.3	3.7	7.4	0.03
	底土	5.63	2.33	53	134	1328	205	57	40	4.4	3.5	9.4	0.05
2015/January													
5	表土	4.82	3.35	127	110	659	145	39	17	2.9	2.3	7.6	0.08
	底土	5.26	3.32	136	83	421	115	23	4.6	1.0	0.7	6	0.04
6	表土	4.89	3.04	84	158	733	103	77	35	2.8	4.9	7.5	0.05
	底土	4.94	2.36	39	153	902	122	62	28	1.8	4.9	4.9	0.04
2015/April													
5	表土	5.08	3.83	153	129	779	130	79	33	3.9	4.7	12	0.03
	底土	5.32	3.19	150	1036	518	115	57	16	2.2	1.9	9	0.02
6	表土	4.47	3.30	121	197	995	115	139	49	2.6	5.9	10	0.12
	底土	4.46	2.45	90	112	535	74	138	45	2.7	5.1	8.5	0.09

O.M: organic matter; P_1=Bray No.1; K_{av}=available K; Ca_{ex}, Mg_{ex}, Fe_{ex}, Mn_{ex}, Cu_{ex}, Zn_{ex} and Na_{ex}=HCl extractable

另外由表 2 及表 3 亦可看出，枋山地區及獅子地區之愛文芒果果園每季之土壤肥力變化差異甚大，相同肥培管理方式（處理 3、處理 4 相同，處理 5、處理 6 相同），但不同之敷蓋方式（處理 3 及處理 5 草生栽培；處理 4 及處理 6 非草生裸地栽培），在土壤有機質含量上，均屬於草生覆蓋有較高之有機質含量，雖在不同鄉鎮區域，但均有相同結果，顯示草生栽培確實可增加表土層之有機質含量。

二、愛文芒果每季中位葉植體養分變化

於每季當中進行植體葉片營養分析，由表 4、表 5 及表 6 可看出不同季節葉片養分濃度之變化。

表 4.枋寮地區愛文芒果果園每季中位葉養分濃度變化

處理	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Na	B
	Nutrient concentration										
	-----------%-------------					------------mg kg^{-1}-----------					
2014/July											
1	2.67	0.13	0.77	3.21	0.13	507	72	6.5	29	816	43
2	2.39	0.12	0.71	3.21	0.12	519	81	5.2	28	677	36
2014/October											
1	2.33	0.15	1.32	1.00	0.18	226	53	22	19	324	28
2	2.36	0.07	0.6	0.54	0.09	111	13	10	9	104	13
2015/January											
1	2.08	0.15	0.69	1.07	0.12	113	41	13	19	217	37
2	1.66	0.12	1.02	1.71	0.12	451	72	18	24	359	37
2015/April											
1	1.67	0.06	0.17	0.66	0.04	75	46	13	14	136	9
2	1.83	0.04	0.33	0.66	0.04	103	49	18	18	218	10
年平均											
1	2.19	0.16	0.74	1.49	0.12	230	53	13.6	20.3	373	29.3
2	2.06	0.13	0.67	1.53	0.09	296	54	12.8	19.8	340	24.0

由表 4 可明顯發現枋寮地區愛文芒果在年平均葉部養分含量方面，平均各項養分濃度，僅 Ca 的濃度，草生處理顯現稍低於非草生處理，其他的大量元素（N、P、K、Mg）草生處理均高於非草生處理。在微量元素方面，草生處理 Cu、Zn、Na 及 B，則顯現稍高於非草生處理。而在表 5 枋山地區之芒果中位葉養分分析結果，由年平均之部分可發現，在植體大量元素方面， P、Ca、Mg 的濃度，草生處理顯現高於非草生處理，其他的大量元素（N、及 K）草生處理則稍微低於非草生處理。在微量元素方面，草生處理 Mn、Zn 及 B，則顯現稍高於非草生處理。

表 5.枋山地區愛文芒果果園每季中位葉養分濃度變化

處理	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Na	B
	Nutrient concentration										
	-----------%-------------					------------mg kg^{-1}-----------					
2014/July											
3	2.60	0.20	1.19	2.29	0.36	97	53	5	41	632	40
4	2.03	0.14	1.16	1.84	0.32	62	58	7.8	23	850	38
2014/October											
3	3.24	0.19	1.18	2.16	0.24	160	46	6.3	32	785	38
4	3.82	0.18	1.31	1.96	0.26	59	73	4.6	24	610	37
2015/January											
3	1.9	0.14	0.97	1.18	0.25	176	69	7.2	141	798	59
4	2.26	0.15	1.14	1.71	0.21	86	86	28.3	60	791	59
2015/April											
3	2.26	0.15	0.74	2.81	0.30	194	70	19	52	710	57
4	2.11	0.13	0.57	1.92	0.18	85	80	47	135	844	30
年平均											
3	2.50	0.17	1.02	2.11	0.29	157	60	9.4	66	731	48.5
4	2.56	0.15	1.05	1.86	0.24	73	74	21.9	61	774	41.0

表 6.獅子地區愛文芒果果園每季中位葉養分濃度變化

處理	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Na	B
	Nutrient concentration										
	-----------%-------------					------------mg kg^{-1}-----------					
2014/July											
5	2.33	0.16	1.37	1.69	0.21	248	40	13	25	576	34
6	2.63	0.15	1.1	1.62	0.27	228	56	19	20	508	32
2014/October											
5	3.06	0.19	1.31	1.15	0.36	188	98	13	19	462	22
6	3.47	0.18	1.29	1.23	0.34	183	85	9.5	18	370	21
2015/January											
5	2.42	0.15	0.74	1.23	0.22	169	71	29	17	283	33
6	2.16	0.09	1.06	2.14	0.26	357	85	7.5	39	816	53
2015/April											
5	1.80	0.10	0.62	2.04	0.26	385	75	116	29	712	14
6	1.59	0.10	0.82	1.58	0.24	200	71	62	30	513	15
年平均											
5	2.40	0.16	1.01	1.53	0.26	248	71.0	42.8	22.5	508	25.8
6	2.46	0.13	1.07	1.64	0.28	242	74.3	24.5	26.8	552	30.3

另外在獅子地區之芒果中位葉養分濃度分析方面，由表 6 可知，大量元素年平均之表現，在 P 的養分濃度方面草生處理比非草生處理高，而其他養分（N、K、Ca、Mg）則為非草生處理有較高養分濃度，在微量元素方面，草生處理 Mn、Zn 及 B，則顯現稍高於非草生處理。在微量元素方面，草生處理 Mn 及 Cu，則顯現稍高於非草生處理。但由表 4、表 5 及表 6 中可發現，接種叢枝菌根菌之草生栽培處理者，對於芒果葉部養分濃度 P 部分均高於非草生處理，顯示叢枝菌根菌對於大量元素 P 具有促進吸收之效果。

三、芒果田區土壤菌根菌調查

將每季採樣土壤之表土層風乾後，秤重 10g 進行菌根菌孢子濕篩分離，再將其每季計算之孢子數進行平均，其結果如表 7 所示。

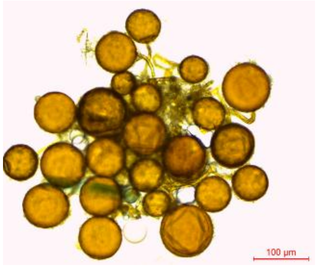
表 7.不同愛文芒果試驗田區表土層之菌根菌族群數量統計（n=4）

處理		分佈菌種	總孢子數（sports/10g-soil）
枋寮地區	處理 1（草生）	*Diversispora spurca, Glomus minutum, Acaulospora mellea*	126.8±12.4
	處理 2(非草生）	*Acaulospora mellea*	13.3±7.1
枋山地區	處理 3（草生）	*Claroideoglomus etunicatum, Paraglomus occultum*	17.2±7.6
	處理 4(非草生）	*Funneliformis mossea*	4.7±1.6
獅子地區	處理 5（草生）	*Acaulospora mellea, Rhizophagus intraradices, Septoglomus deserticola, Septoglomus constrictum*	28.8±4.7
	處理 6(非草生）	*Acaulospora mellea*	13.6±6.7

此外，將 6 個採樣田區表土土壤，以濕篩法分離出菌根菌孢子並進行鑑定，經 4 個不同季節分離確認之菌種共計 8 屬 9 種(表 7)，而其菌種型態如圖 2 所示。其中 *Acaulospora mellea* 在 4 個不同植被（草生及裸地田區）處理之田區中均有出現，可顯示出該菌種於芒果果園土壤中，出現頻率極高，可能為芒果適生菌種，另由表 7 明顯可以發現，在草生栽培田區中，菌根菌族群數量及種類明顯高於裸地栽培果園，顯示芒果果園地被進行草生栽培，有助於叢枝菌根菌種之族群種類繁殖。

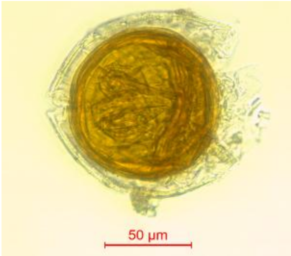
此外將 *Claroideoglomus etunicatum* 、*Funneliformis mossea* 及 *Rhizophagus intraradices* 接種於 6 種草種（雷公根、蔓生花生、蠅翼草、過江藤、高麗芝及心葉水薄荷），其此 6 種草種藉由根系染色觀察，均能發現與叢枝菌根菌形成良好之共生型態（圖 3～圖 8）。

此外，將已接種菌根菌，並感染形成菌根之 6 種草種定植於 2 年生芒果作物根系周圍，並以地被裸露處理作為對照，藉以瞭解草種當作菌根載體，對芒果作物植體營養之影響，由表 8 結果可知，芒果植體養分濃度比較，根域周圍定植接種草種者，大量元素方面 P 顯著高於對照組，此部分結果與表 4、表 5 及表 6 調查結果一致，顯示草種接種菌根菌進行果園草生栽培確實有助於芒果植體養分 P 的吸收。而在微量要素方面則顯示草生栽培 Mn 及 B 高於非草生栽培之對照組，此結果與表 6 有相似情況發生。

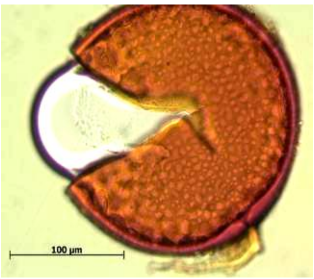


Rhizophagus intraradices

Acaulospora mellea



Paraglomus occultum



Septoglomus deserticola

Septoglomus constrictum

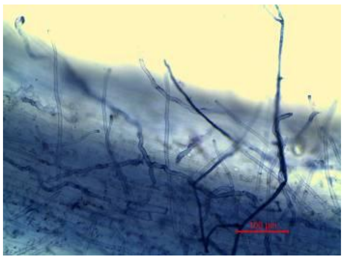
Diversispora spurca

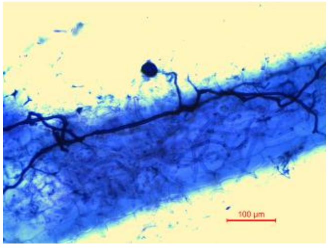
Glomus minutum

Funneliformis mossea

Claroideoglomus etunicatum

圖 2. 6 個芒果田區之叢枝菌根菌種外觀型態





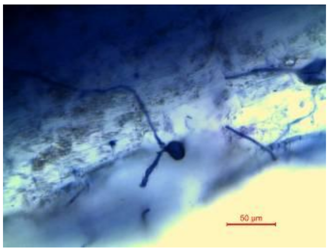


圖 3. 高麗芝接種叢枝菌根菌菌根型態（左 *Rhizophagus intraradices*；中 *Funneliformis mossea*；右 *Claroideoglomus etunicatum*）

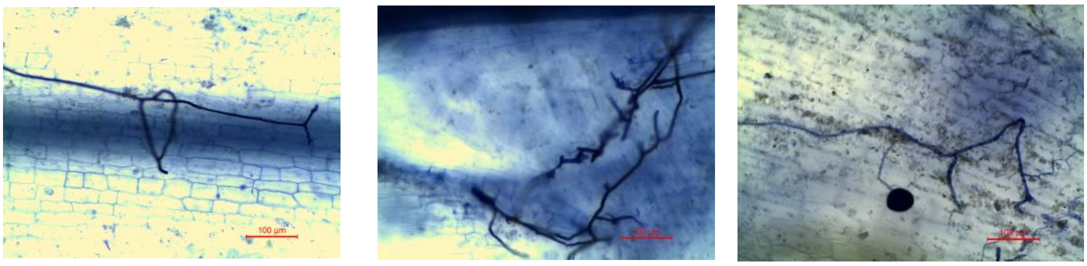


圖4.過江藤接種叢枝菌根菌菌根型態（左*Rhizophagus intraradices*；中*Funneliformis mossea*；右*Claroideoglomus etunicatum*）

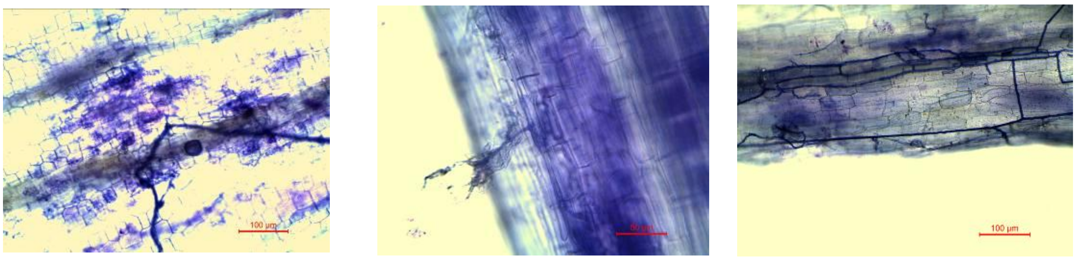


圖5.雷公根接種叢枝菌根菌菌根型態（左*Rhizophagus intraradices*；中*Funneliformis mossea*；右*Claroideoglomus etunicatum*）

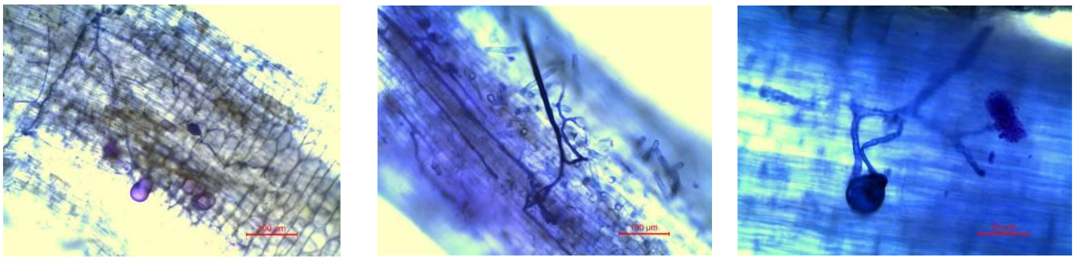


圖6.蔓花生接種叢枝菌根菌菌根型態（左*Rhizophagus intraradices*；中*Funneliformis mossea*；右*Claroideoglomus etunicatum*）

圖7.心葉水薄荷接種叢枝菌根菌菌根型態（左*Rhizophagus intraradices*；中*Funneliformis mossea*；右*Claroideoglomus etunicatum*）

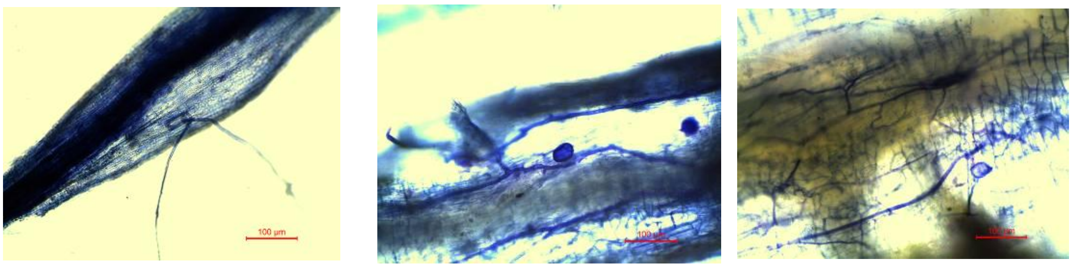


圖8.蜙翼草接種叢枝菌根菌菌根型態（左*Rhizophagus intraradices*；中*Funneliformis mossea*；右*Claroideoglomus etunicatum*）

表 8. 2 年生芒果根域定植接種菌根菌草種對植體養分濃度變化情形

地被草種處理	Nutrient concentration										
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn	Na	B
	-----------%-------------					------------mg kg^{-1}-----------					
心葉水薄荷	3.31	0.146	0.79	3.26	0.22	94	153	197	25	325	33
雷公根	3.20	0.186	0.90	3.09	0.20	92	174	294	33	355	35
過江藤	2.42	0.134	0.80	2.92	0.22	92	112	212	22	261	33
蔓花生	2.21	0.156	0.80	3.95	0.21	73	147	209	25	265	31
蜙翼草	2.49	0.221	0.98	1.77	0.23	55	127	58	26	176	29
高麗芝	2.32	0.165	0.95	2.53	0.17	54	119	100	26	235	30
對照組	2.40	0.082	0.98	1.83	0.20	37	122	121	33	198	24

四、芒果果實品質調查

不同地區及處理之芒果果園，經果實採收後進行果實品質調查，其結果如表 9 所示。由表 9 之結果可了解，3 個地區草生栽培之果實品質，在果長及果重之表現方面，草生栽培處理者，均有較佳之表現。而在可溶性固形物方面，枋山地區及枋寮地區草生栽培處理，亦顯現出有較高之 ^{o}Brix 表現。由此結果可證明，草種接種叢枝菌根菌，定植於芒果根域周圍，確實可提高作物產量。

表 9.不同地區及處理芒果果實品質變化（數值為 12 重複平均值）

處理	Fruit quality±SD			
	Fruit length（cm）	Fruit width（cm）	Fruit wt.（g）	Total soluble solids (^{o}Brix)
枋寮地區				
1	10.8±0.7	8.0±0.6	336.8±47.3	17.4±2.7
2	10.7±0.5	7.9±0.3	308.3±34.3	16.4±3.2
枋山地區				
3	10.8±0.8	8.4±0.5	360.9±62.3	15.8±2.0
4	10.6±0.8	7.9±0.6	283.1±68.8	12.9±1.8
獅子地區				
5	11.0±0.4	8.2±0.2	372.5±16.5	11.4±1.8
6	10.9±0.9	8.3±0.5	358.9±62.9	12.1±0.3

結論

由本試驗結果可知，研究區域之土壤肥力變化情形，愛文芒果在草生栽培及地被裸露情況下，草生栽培處理在土壤肥力方面，可有利於土壤有機質之提升。此外，在植體營養方面，接種叢枝菌根菌草生栽培，可有助於提高葉片P之養分濃度。在芒果果園土壤菌根菌相調查方面，草生栽培之菌根菌相，其菌種種類及孢子數量均較多於非草生栽培之田區。並且具有菌根菌之草生栽培條件下，能促進作芒果果長及果重生長。

參考文獻

1. 弓明欽、陳應龍、仲崇祿 1997 菌根研究之應用。中國林業出版社。北京。pp.223。
2. 行政院農業委員會農糧署 2015 103年農業統計年報。台北。台灣。
3. 江介倫、黃國禎、邱宏彬、黃 瑩 2009 台灣常用覆蓋草類覆蓋率之研究。農業工程學報 55（4）：90-99。
4. 吳繼光、林素禎 1998 囊叢枝內生菌根菌應用技術手冊。台灣省農業試驗所印行。pp.232。
5. 胡弘道 1990 林木菌根。國立編譯館主編。台北。pp.666。
6. 張汶肇、吳建銘、吳昭慧 2010 果園草生栽培管理。台南區農業改良場技術專刊99-3（NO.149）。
7. 張淑賢 1981 本省現行植物分析與作物需肥診斷技術。P.53-59. 台灣省農業試驗所特刊13號。
8. 張淑賢、黃維廷、連深、吳婉麗 1992 土壤及葉片分析營養診斷應用於柑桔園栽培管理之

研究。土壤肥料試驗報告。P.167-192. 台灣省政府農林廳編印。
9. 陳如茵、許仁宏、林深林、李國權 1984 土壤反應對愛文檬果葉片養分濃度的影響。興大園藝9：23-28。
10. 楊秀珠、吳育朗、黃裕銘、鄭慶生 1999 芒果綜合管理。台灣省農業藥物毒物試驗所編印。P248。
11. Bould, C. and R. I. Parfitt. 1973. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. X. Magnesium and phosphorus sand culture expriments with apple. J. Sci. Fd. Agri. 24: 175-185.
12. Chetri, K., D. Sanyal and P. L. Kar. 1999. Changes in nutrient element composition of guava leaves in Relation to season, cultivar, direction of shoot,and zone of leaf sampling, Commun. Soil Sci. Plant Anal. 30:121-128.
13. Kim, H. 1985. Leaf diagnosis for horticultural fertilizer management in Korea. FFTC ext. bulletin No.230.
14. Li, Y. and R. Hao. 1993. The establishment of leaf analysis standard of black currant (Ribes nigrum L.) in northeast China. Acta Horticulturae 352: 259-265.
15. Singh, N.P. and C.B. Rajput 1978. Effect of leaf age and position and fruiting status on guava leaf mineral composition. J. Hort. Sci. 53: 73-74.
16. Tserling, U.V. 1969. Diagnosis of plant nutrition by plantchemical analysis. In： Agrochemical Method in Study of Soil. INSDOC 709-769.
17. Choudhary, M., Bailey, L.D., Grant, C.A. and Leisle, D. 1995 Effect of Zn on the concentration of Cd and Zn in plant tissue of two durum wheat lines. Can. J. Plant Sci. 75: 445－448
18. Daniels, B. A and H.D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of progagules from soil. In “Methods and Principles of mycorrhizal research”. pp.20-45.N.C.Schenck(ed.). The American Phytopathological Society. St. Paul.
19. Jeng, A.S. and Bergseth, H. 1992 Chemical and mineralogical properties of Norwegian alum shale soils, with special emphasis on heavy metal content and availability. Soil Plant Sci. 42: 88－93.
20. Kader, A. A. 1986. biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technol. 40(5):99-100,102-104.
21. Oliveira, R., S. M. Vosátka, J. C. Dodd and P. M. L. Castro 2005 Studies on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi and the efficacy of two native isolates in a highly alkaline anthropogenic sediment. Mycorrhiza (2005) 16(1): 23–31.

The Study on the Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Inoculation on the Growth of the Mango in the Kao-Ping Areas

Yao-Tsung Chang[12]

Abstract

This study aimed at understanding the Kao-Ping area Irwin mango field, the use of arbuscular mycorrhizal fungi after inoculation grass cultivation on soil fertility and plant nutritional changes situation. Furthermore, the use of soil sampling, understand arbuscular mycorrhizal fungi species, population density and impact on growth and development of the mango. Indicated by the experimental results, the Irwin mango in different mulching treatment, it arbuscular mycorrhizal fungi than non-grass planting grass cultivation in soil fertility, soil organic matter may have to enhance the beneficial. In addition, plant nutrition, the six grass inoculated three kinds of arbuscular mycorrhizal fungi, they can form mycorrhizal structures, and to increase the nutrient concentration leaf phosphorus. In the mango orchard soil arbuscular mycorrhizal fungi phase investigation, in grass cultivation of mycorrhizal fungi compared with the types and quantity than non-grass cultivation.The grass cultivation of having arbuscular mycorrhizal fungi, which can enhance the mango fruit length and fruit weight growth.

Key words: Mycorrhizal fungi, Mango, fertilization, grass cultivation

---

1. Corresponding author.
2. Assistant Researcher, Researcher of Kaohsiung DARES, COA.